

M. Hampicke¹, B. Schadow², W. Roßdeutscher², K. Fellbaum¹,
U. Boenick²

Personennotrufsysteme auf Basis menschlicher vital- und systemtechnischer Parameter in einer Smart-Home-Umgebung

Emergency-call Systems Based on Human Vital and System-technical Parameters
in a Smart-home Environment

¹Lehrstuhl Kommunikationstechnik, Brandenburgische Technische Universität Cottbus
²Fachgebiet Biomedizinische Technik, Technische Universität Berlin

Schlüsselwörter: Personennotrufsystem, Notfall, Vitalparameter, Funkfinger, Smart-Home, Biomonitoring, Entscheidungsparameter, Mobilität, Bluetooth

Key words: Emergency-call system - Emergency - Vital parameters - Smart home - Biomonitoring - Decision-making parameters - Mobility - Bluetooth

Dank der Fortschritte in der Mikrotechnologie und in der Funktechnik ist es heute möglich, besonders zuverlässige Personennotrufsysteme zu realisieren. Im vorliegenden Beitrag werden Systeme diskutiert, die im Wohnbereich Einsatz finden und zur Sicherheit und Unabhängigkeit in der gewohnten Umgebung beitragen. Speziell ältere Personen mit Behinderungen, Personen, die bereits durch Stürze oder Unfälle verunsichert sind, und hochbetagte Alleinstehende benötigen im Notfall schnelle Hilfe. Es wird der Stand der Technik bei Notrufverfahren unter besonderer Berücksichtigung des Nutzens für ältere Menschen beschrieben. Bisherige Systeme verwenden fast ausschließlich einen sogenannten Funkfinger, mit dem ein Alarm manuell ausgelöst werden kann, was sich bei manchen Notfall-Situationen jedoch als nicht genügend zuverlässig erweist. Als Alternative oder auch Ergänzung werden daher Systeme vorgeschlagen, die einen Notfall automatisch durch Messen und Auswerten von Vitalparametern erfassen und selbsttätig einen Alarm auslösen können. Ergänzend dazu lassen sich in einer Smart-Home-Umgebung mit vernetzten Komponenten weitere Parameter (sogenannte Umwelt-Parameter) zur Notrufentscheidung verwenden. Dabei zeigt sich, daß die Erkennung einer Notfallsituation um so zuverlässiger wird, je mehr Einzelparameter man zur Entscheidung heranzieht.

Progress in microtechnology and radio transmission technology has enabled the development of highly reliable emergency-call systems. The present article describes systems that have been specially designed to improve the safety and independence of handicapped and elderly persons living at home. For such persons immediate help in an emergency situation is of crucial importance. The technical state of the art of emergency-call systems specially developed for use by the elderly, is briefly discussed, in particular the well-known radio emergency-call button, with the aid of which an alarm can be activated manually. This system, however, does not offer adequate safety in all emergency situations. Alternative or complementary systems designed to automatically trigger an alarm on the basis of the recording and evaluation of so-called vital parameters, are therefore proposed. In addition, in a smart-home environment with networked devices, further parameters - so-called environment parameters can be used. It is found that the identification of an emergency situation becomes more reliable as the number of parameters employed increases.

1 Einleitung

Der Begriff Notrufsystem oder Personennotrufsystem wird für Systeme verwendet, die in der Lage sind, Hilferufe von Personen, die sofortige Hilfe oder Unterstützung benötigen, zu übertragen. Die Vielzahl von unterschiedlichen Notfallsituationen und die damit verbundenen ungleichen Anforderungen machen sehr unterschiedliche technische Systeme erforderlich.

Der Inhalt eines Notrufes umfaßt die Identifikation und Lokalisation der Person, die den Notruf ausgelöst hat, sowie möglichst auch ergänzende Daten über die Art des Notfalls.

Im Rahmen des vorliegenden Beitrags wird im wesentlichen der Einsatz von Notrufsystemen für ältere und behinderte Personen behandelt. Diese Personen halten sich meistens in ihrem Wohnbereich oder in dessen unmittelbarer Umgebung auf; eine Positionsbestimmung ist daher üblicherweise nicht erforderlich und soll hier auch nicht betrachtet werden.

Statistisch gesehen, passieren in den genannten Bereichen die meisten Unfälle. Dieser Tatsache sind sich

die meisten Menschen nicht bewußt, und oftmals wird daher ein Notrufsystem erst angeschafft, nachdem ein Unfall eingetreten ist oder wenn bereits ernsthafte Beeinträchtigungen des Gesundheitszustandes vorliegen.

Selbstverständlich ist die zuverlässigste, wirksamste und schnellste Hilfe in Notfällen dann möglich, wenn ein Arzt oder eine medizinisch ausgebildete Pflegeperson in der Wohnung anwesend ist. Auch medizinisch unkundige Ehepartner, Verwandte, Freunde oder Nachbarn können besser Hilfe leisten (bzw. herbeiholen) als ein technisches System, und sie können in kritischen Situationen ein Notrufsystem sicherer betätigen als die in Not geratene Person.

Es ist allerdings wenig realistisch, von einer ständigen Anwesenheit einer Betreuungsperson auszugehen; dies würde auch dem berechtigten Wunsch widersprechen, bisweilen allein sein zu wollen.

Da ein Notfall aber jederzeit eintreten kann (z. B. auch kurz nachdem die Betreuungsperson die Wohnung verlassen hat), ist ein Notrufsystem auch bei einer guten Betreuungssituation von großer Bedeutung.

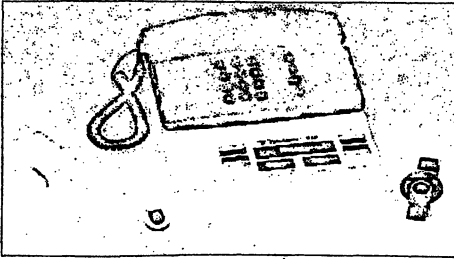


Bild 1. Notruffinger (Fa. Telealarm)

2 Stand der Technik

Nahezu alle in Deutschland betriebenen Personennotrufsysteme für den häuslichen Bereich basieren auf dem Funkfinger-Konzept. Ein solcher Funkfinger wird um den Hals gehängt oder am Handgelenk getragen und enthält eine Taste, die beim Drücken automatisch (meist über das Telefon) die Verbindung zu einer Notrufzentrale herstellt und dort den Alarm auslöst.

Das Funkfinger-Konzept hat zwei gravierende Schwachstellen. Zum einen hat sich anhand zahlreicher Untersuchungen gezeigt, daß ein Mensch in einer kritischen Situation (drohende Ohnmacht, Schlaganfall etc.) sich des Funkfingers nicht bewußt ist und die Alarmierung daher unterbleibt. Zum anderen passiert es auch nicht selten, daß der Funkfinger vom Benutzer gedrückt wird, weil er sich in einer Notsituation wähnt (die sich später als harmlos herausstellt) oder ganz einfach nur, weil er sich einsam fühlt.

Da ein Notruf-Einsatz mit erheblichem Aufwand und entsprechend hohen Kosten verbunden ist, muß alles getan werden, um Fehlalarme zu vermeiden. Hinzu kommt, daß bei einer Häufung von Fehlalarmen eine „Abstumpfung“ eintritt, d.h. auch im Ernstfall keine (oder zumindest keine sofortige) Hilfeleistung erfolgt.

Es wird später noch darauf eingegangen, wie man das Funkfinger-Konzept weiter optimieren und die Anzahl der Fehlalarme bzw. der nicht ausgelösten Alarme vermindern kann.

Bild 1 zeigt als Beispiel eines handelsüblichen Funkfingers das System der Firma Telealarm.

Neben der Möglichkeit der manuellen Auslösung eines Notrufes gibt es auch Systeme, die einen Notfall automatisch erkennen. Hierzu werden verschiedene Vitalparameter wie Puls und Hauttemperatur aufgenommen und ausgewertet.

Da die Vitaldaten individuell sehr unterschiedlich sein können, wird üblicherweise auch eine individuelle Adaption in Form einer Trainingsphase vorgenommen, in welcher der jeweilige Benutzer seinen gesundheitlichen „Normalzustand“ als Parametersatz ablegt. Diese Daten werden nun in gewissen zeitlichen Abständen mit den jeweils aktuellen Vitaldaten verglichen. Bei signifikanten Abweichungen wird auf einen gesundheitlichen Gefahrenzustand geschlossen und Alarm ausgelöst.

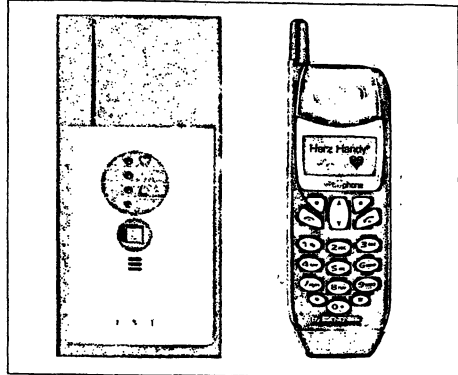


Bild 2. a) Notrufsystem der Firma IST; b) Herz-Handy® von Vitaphone

Natürlich kann man bei diesen Systemen auch eine zusätzliche Alarmauslösung „von Hand“ vorsehen.

Bild 2a zeigt das finnische System IST [IST99], das nach dem beschriebenen Prinzip arbeitet.

Leider sind die zur Auswertung verwendeten Vitaldaten nicht bekannt; eigene Tests mit dem System haben jedoch eine relativ hohe Fehleranfälligkeit (häufige Fehlalarme) ergeben. Es erschien uns daher notwendig, das Thema „Vitaldaten“ noch einmal grundsätzlich aus medizinischer Sicht aufzugreifen und mit anderen Möglichkeiten der Feststellung einer Alarmsituation zu kombinieren (vgl. folgend).

Abschließend sollen noch einige spezielle Systeme kurz erwähnt werden, die die Vitalparameter messen und auswerten und die sich als Vorstufe für ein Notrufsystem eignen.

Mit dem Herz-Handy der Firma Vitaphone (Bild 2b) können Herzinfarkt-gefährdete Patienten selbstständig ein EKG aufnehmen und anschließend über das Mobilfunknetz an einen Arzt senden, der damit in der Lage ist, eine Diagnose abzugeben [VITA00]. Im Falle eines Infarktes kann auf diese Weise die Zeit bis zur Einlieferung in ein Krankenhaus um bis zu drei Stunden verkürzt werden. Das Handy hat zusätzlich noch eine Notruftaste, die automatisch eine Verbindung zu einem Service-Zentrum aufbaut und über das Global Positioning System (GPS) die Position übermittelt.

Die Firma Panasonic hat ein Terminal entwickelt, mit dem Blutdruck, Pulsfrequenz, Körpertemperatur, Blutzucker, Körpergewicht und andere Parameter gemessen und über das Internet an einen Healthcare-Provider geschickt werden können. Nach der Auswertung werden entsprechende Empfehlungen via E-Mail zurückgesendet. Auf diese Weise sollen besonders bei chronisch Kranken die Anzahl der Arztbesuche reduziert und Kosten im Gesundheitsbereich eingespart werden.

Eine Schlüsselfunktion bei Notrufsystemen nimmt die zuverlässige Messung der Vitalparameter ein. Dabei spielt die Platzierung der Sensoren am Körper eine wichtige Rolle.

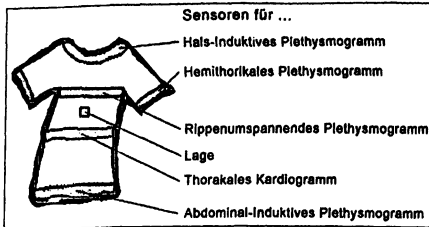


Bild 3. Lifeshirt zur Messung von Vitalparametern [Life2000]

Eine erfolgversprechende Möglichkeit besteht darin, die Sensoren direkt auf den Körper zu kleben [ITIV00]. Andere Ansätze gehen von der Integration in Kleidungsstücken aus. Prototypen wie das Lifeshirt [LIFE2000] sollen in der Lage sein, kontinuierlich Parameter wie Atemfrequenz, Körperposition, Blutdruck oder Puls am Körper zu messen und auf einem tragbaren Computer zu speichern (Bild 3).

Die Daten können anschließend über das Internet übertragen und von Medizinnern und Technikern ausgewertet werden. Die Ergebnisse lassen sich auf einer Paßwort-geschützten Internet-Seite zur Verfügung stellen. Als Zielgruppe für das beschriebene Verfahren ist vor allem an Patienten zur postoperativen Überwachung, zur Behandlung von Asthma, Herzkrankheiten, Schlafstörungen oder zur Feststellung von Fehldiagnosen gedacht. Ob auch gesunde Senioren ein Lifeshirt akzeptieren, ist fraglich und daher noch zu untersuchen.

3 Anforderungen an ein Notrufsystem

Nachfolgend sind – ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit – einige der wichtigsten Anforderungen an ein Notrufsystem zusammengestellt.

- **Auslösen des Alarms**
Oberste Priorität hat die Zuverlässigkeit der Auslösung. Hierbei empfiehlt sich eine „Kombinationsstrategie“, bei der sowohl manuelle (Auslösung durch Knopfdruck) als auch automatische (Analyse von Vitalparametern und Parametern aus der Smart-Home-Umgebung) Alarmkriterien zusammenwirken, so daß sich eine sichere Entscheidung für die Notfall-Auslösung ergibt. Das schließt jedoch nicht aus, daß bereits beim Auftreten von nur einigen der Parameter bereits ein Alarm signalisiert wird. Sehr nützlich wäre schließlich auch eine Rückfragemöglichkeit; näheres hierzu soll im folgenden noch diskutiert werden.
- **Übertragung des Alarms**
Der manuell oder automatisch ausgelöste Alarm muß natürlich auch in zuverlässiger Weise an eine Rettungsstelle übermittelt werden. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten, z. B. eine automatische Anwahl über das Telefon. Man kann heute davon ausgehen, daß die mit der Telekommunikation zusammenhängenden Probleme befriedigend gelöst sind.

- **Registrieren des Alarms; Hilfeleistung**
Eine Notfallstation muß „rund um die Uhr“ besetzt sein, damit ein ausgelöster Alarm auch registriert wird. Alternativ ist aber zumindest dafür zu sorgen, daß der Alarmruf z. B. per Funk an eine Person gesendet wird, die Rettungsmaßnahmen veranlassen kann.
- **Geräteeigenschaften**
Naheliegenderweise kommen nur Funkrufsysteme in Frage. Weitere Anforderungen sind ein geringes Gewicht, hohe Robustheit sowie Zuverlässigkeit und eine lange Lebensdauer der Stromversorgung. Gerade letztere ist nach wie vor noch ein ungelöstes Problem. Man kann von einem Benutzer nicht erwarten, daß er ständig den Ladezustand des Akkus überwacht; ein leerer Akku und damit ein Funktionsausfall ist daher nicht auszuschließen. Ein akustischer und/oder optischer Warnhinweis bei einem kritischen Ladezustand ist daher unbedingt erforderlich (und technisch auch problemlos zu integrieren).
- **Weitere Anforderungen**
Hierzu gehören eine möglichst einfache Benutzung, geringe Kosten und ein wirksamer Schutz gegen Mißbrauch.

4 Konzept für ein Personennotrufsystem

4.1 Struktur

Im folgenden Abschnitt wird ein Notrufkonzept vorgestellt, das speziell für ältere Menschen geeignet ist.

Bild 4 zeigt den allgemeinen Aufbau eines solchen Personen-Notrufsystems für den Wohnbereich. Die Auslösung eines Notrufs kann dabei sowohl manuell durch den Benutzer oder eine andere Person als auch automatisch über die Messung und Auswertung von Parametern geschehen. Als Parameter sind zum einen Vitalparameter (Abschn. 4.2) geeignet und zum anderen solche, die aus dem nahen Wohnumfeld, dem Smart Home, generiert werden (Abschn. 4.3).

Für das Rettungspersonal, das den Notruf empfängt, ist nun zur Einschätzung der Situation jedes Detail über den Notfall wichtig. Wenn beispielsweise die gesundheitliche Situation (Krankengeschichte etc.) des oder der Alarmierenden bekannt ist, kann der gerade eingetretene Notfall oftmals richtig eingeschätzt und die Hil-

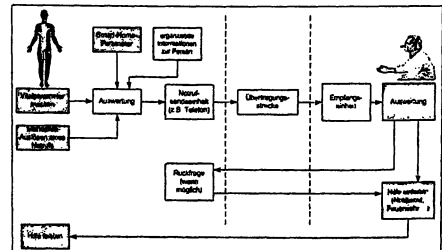


Bild 4. Struktur des Notrufsystems

feileistung darauf abgestimmt werden. In ähnlicher Weise hilfreich wäre eine technische Lösung, bei der charakteristische Gefährdungsmerkmale der Person elektronisch gespeichert sind, die dann zusammen mit dem Notruf automatisch mit übertragen werden.

In jedem Falle – auch, wenn nichts über die Person bekannt ist – sollte durch das Rettungspersonal ein Rückruf erfolgen. Er kann bei einem (niemals auszu-schließenden) Fehlalarm einen Rettungseinsatz vermeiden, der stets mit hohen Kosten und Streß des Personals verbunden ist. Falls der oder die Angerufene nicht reagiert – z. B. infolge eines Sturzes mit Bewegungsunfähigkeit oder bei Bewußtlosigkeit –, würde man von einem Notfall ausgehen und entsprechend reagieren.

4.2 Notrufgenerierung über Vitalparameter

Bei der Entwicklung eines Personennotrufsystems müssen die Notfälle (entsprechend der Todesursachenstatistik) nach Tabelle 1 berücksichtigt werden.

Ein besonderes Problem – auch für Neurophysiologen oder Neurowissenschaftler – besteht darin, das Phänomen Bewußtsein umfassend und präzise zu beschreiben. Die Schwierigkeit wird unter klinischen Bedingungen dann ersichtlich, wenn es darum geht, Bewußtlosigkeit oder Koma zu definieren und ihren Schweregrad quantitativ zu ermitteln.

Die Erfassung physiologischer Parameter erfolgt über das Biomonitoring. Die Anzahl von Parametern, die über eine physiologische oder pathologische (gestörte) Körperfunktion Auskunft geben können, ist sehr umfangreich. Zu den Parametern, die einen invasiven Eingriff erfordern, gehören sämtliche Laborparameter, die aus Blut bzw. Serum/Plasma und anderen invasiv gewonnenen Körperflüssigkeiten ermittelt werden (z. B. Blutbild).

Nichtinvasiv gemessene Parameter wie Temperatur, Hautwiderstand, Puls und Aktivität (Erschütterung und Lage) können durch vergleichsweise einfache Messungen (einzelne Sensoren, weniger störanfällig, Messung ohne Belästigung des Patienten) erfaßt werden.

Die folgenden, ebenfalls nichtinvasiv gemessenen Parameter wie EKG, Blutdruck, Sauerstoffsättigung des Blutes, Atemfrequenz, EMC und EEG erfordern jedoch kompliziertere Meßmethoden.

Die verschiedenen Parameter variieren selbstverständlich in Abhängigkeit vom Gesundheitszustand des Patienten, wobei eine grundsätzliche Abweichung von den Referenzwerten („Normwerten“) schon durch entsprechende Vorerkrankungen bedingt sein kann.

Dabei ist allerdings zu beachten, daß eine „Normwert“-Abweichung noch nichts über das subjektive Gesundheitsempfinden oder gar den Eintritt eines Notfalles aussagt, da gerade im Alter eine breite Streuung der Referenzwerte (z. B. Blutdruck) durchaus üblich ist. Auch geht das Alter häufig mit eingeschränkten Organfunktionen einher (z. B. verringerte Nierenleistung bei nahezu allen über 70jährigen), ohne daß ein besorgniserregender Zustand eintritt. Das wesentliche Alterskennzeichen ist die verminderte Anpassungsfähigkeit

an sich ändernde Bedingungen. Neben den – oder aufgrund der – eventuell zu berücksichtigenden chronischen Vorerkrankungen kann es zum Auftreten akuter Krankheitsbilder mit oder ohne Notfallcharakter kommen. Lebensbedrohliche Zustände liegen potentiell immer dann vor, wenn die Atmung, das Bewußtsein und/oder der Blutkreislauf eingeschränkt sind.

Somit kommen als kritische Anzeichen lebensbedrohlicher Zustände z. B. stark erhöhte bzw. verringerte Herzfrequenz, Störungen des Erregungsbildungs- und Leitungssystems des Herzens (Extrasystolen, Kammerflimmern, AV-Block), Dyspnoe bzw. Apnoe (Störungen oder Aussetzen der Atmung mit Gefahr der Sauerstoffunterversorgung des Organismus, Anoxie) und Blutdruckverringerung bzw. -erhöhung in Frage. Hinzu kommen Traumen durch Unfall oder Verletzung, die z. B. aufgrund des Blutverlusts (Volumenmangel-schock!) oder wegen der somit verursachten Hilflosigkeit der betroffenen Person (Gefahr der Austrocknung, Auskühlung) in einen lebensbedrohlichen Zustand münden können. An dieser Stelle soll Technik greifen, um diese Zustände sicher zu erfassen.

Da invasiv gemessene Parameter eine unzumutbare Belastung für den Patienten darstellen, kommen sie nicht für eine Notfallerkennung in Frage. Außerdem erfolgen viele Änderungen mit zu starker Zeitverzögerung (Enzymanstieg bei Herzinfarkt nach frühestens vier Stunden), oder die Messung selbst ist zu zeitaufwendig, um im akuten Notfall ausreichend schnell ein Signal auszulösen.

Folgende Parameter sind ebenfalls nicht für die Notfallerkennung geeignet:

Muskeltonus (EMG):

Dieser Parameter ist für die mobile Notfallerkennung deshalb ungeeignet, weil nicht an jedem in Frage kommenden Körperteil Sensoren angebracht werden können. Gerade die Erkennung von Epilepsie/traumatischen Krämpfen ist zu speziell für die „breite Anwendung“ eines Notrufsystems.

Blutdruck:

Laut WHO ist der Blutdruck bei mehr als 140/90 mmHg bedenklich. Die nichtinvasive Messung mit Blutdruckmanschette ist jedoch für den Patienten durch das Aufblasen der Manschette als belästigend anzusehen. Zudem sind Aussagen über lebensbedrohliche Situationen nur sehr begrenzt zu treffen, da starke Schwankungen, besonders im Alter, möglich sind. Der Blutdruck bildet höchstens einen Anhaltspunkt für Risiken.

EEG:

Für die Aufnahme eines EEG werden bis zu 15 Ableitungs-elektroden am Kopf benötigt. Zudem muß der Kopf während der Messung ruhig gehalten werden, was natürlich für eine mobile Notfallerkennung zu störanfällig ist.

Als Schlußfolgerung ergibt sich, daß zur Erkennung eines akuten Notfalles die in Tabelle 2 angegebenen Para-

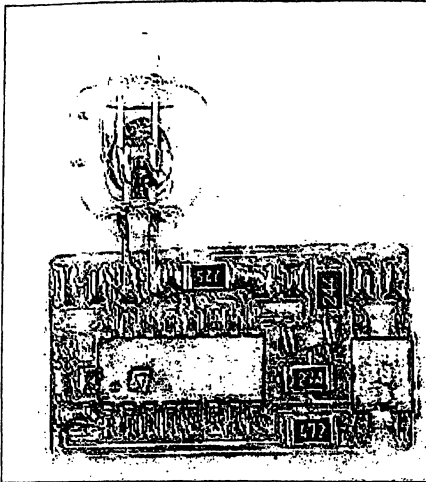


Bild 5. Sturzmelder

meter in Frage kommen.

Für die Auswertung der nichtinvasiv gemessenen Vitalparameter ist eine Gewichtung der einzelnen Parameter durchzuführen. Die Sauerstoffsättigung des Blutes ist dabei am höchsten zu gewichten, da an diesem Parameter sehr schnell ein Notfall erkannt werden kann. Die Hauttemperatur ist zwar wichtig und notwendig, die Änderungen der Temperatur sind aber zu langsam und zu träge für die Auswertung. Auch die individuelle – nichtpathologische – Variation der Parameter, z. B. durch zirkadiane Rhythmen, Einfluß von Tagesablauf und Gewohnheiten, sollte berücksichtigt werden.

Generell gilt für die Aufnahme der Vitalparameter, daß sie den Nutzer nicht in seiner Bewegungsfreiheit einschränken darf.

Die genannten Vitalparameter lassen sich sehr sinnvoll durch einen Sturzmelder ergänzen. So wurde im Fachbereich für Biomedizinische Technik ein herkömmlicher Notruf-Funkfinger mit einem Quecksilber-Lagesensor und einer Schaltelektronik nachgerüstet. Der Quecksilberschalter mißt, ausgehend von der Körpermittelachse, die Lage des Körpers. Wird über einen Zeitraum von mehr als 30 Sekunden ein Raumwinkel von 45 Grad überschritten, so steuert der Sensor eine integrierte Schaltung an, die über einen Optokoppler das Sendemodul aktiviert. Bild 5 zeigt eine erste prototypische Realisierung des Sturzmelders.

Alternativ zu einem Quecksilberschalter werden zur Zeit 3-D-Beschleunigungssensoren getestet, die sowohl die Lage des Körpers als auch die Beschleunigung, wie sie beim Stürzen auf den Fußboden auftritt, aufnehmen.

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, daß sowohl die Dauer einer Lageveränderung als auch der Sturz selbst (Beschleunigung) wichtige Zusatzinformationen für das Eintreten eines Notfalls liefern und daher bei Notrufsystemen einbezogen werden müssen.

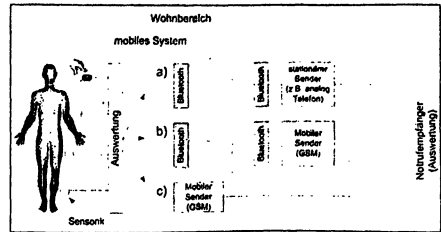


Bild 6. Möglichkeiten der Notrufweiterleitung

4.3 Notrufgenerierung über Umwelt-Parameter

Unter Umwelt-Parametern sollen Parameter verstanden werden, die durch Wechselwirkungen zwischen dem Smart Home und seinen Bewohnern ermittelt werden können. Von besonderer Wichtigkeit ist dabei die Erfassung von Aktivitäten, u. a.

- Bewegungsaktivitäten (Betreten der Wohnung, Wechseln zwischen den Zimmern, Herumgehen in den Zimmern),
- Benutzungen der Einrichtungen und Geräte (Waschen, Toiletten-Benutzung, Benutzung des Kochherdes, der Kaffeemaschine, des Telefons oder Fernsehers, Betätigung von Schaltern etc.),
- Ressourcenverbrauch (Wasser, Strom).

Da die Aktivitäten sehr stark von der Tageszeit abhängen und die Tage oft sehr ähnlich verlaufen, verfolgen wir hier den Ansatz über die Ermittlung einer „Tages-Aktivitätskurve“. Der Bewohner hat zumeist einen – seinen Gewohnheiten entsprechenden – zeitlichen Tagesablauf (Aufstehen, Frühstück, Einkaufen, ...). Zeitpunkt und Art der Aktivitäten lassen sich im Notrufsystem speichern; bei Abweichungen besteht zumindest der Verdacht auf einen Notfall. Selbstverständlich genügen solche Indizien noch nicht zum Auslösen eines Notrufes; falls aber weitere Informationen hinzukommen (z. B. Abweichungen in den Vitalparametern oder das Ansprechen des Sturzmelders), so verstärkt sich der Verdacht auf einen Notfall.

4.4 Auswertung der Parameter

Aus den bisherigen Ausführungen wird deutlich, daß die Feststellung eines Notfalles auf eine Summe von Einzelerkennungen zurückzuführen ist, wobei jede davon entsprechend ihrer Aussagekraft oder Zuverlässigkeit zu gewichten ist. Sehr wichtig hierbei ist, daß ein Auswertungssystem adaptiv arbeiten muß. Adaptivität ist schon deshalb notwendig, weil jeder Mensch seine individuellen Vital- und Umweltparameter hat. Aber auch bei denselben Benutzer ändern sich im Laufe der Zeit sowohl die Vitaldaten (der gesundheitliche „Normalzustand“) als auch die Umweltparameter (die Gewohnheiten), und in jeder Situation gibt es einen mehr oder weniger großen „Streubereich“ der Parameter.

Wie der erforderliche Adaptionsprozeß realisiert werden kann, ist noch weitgehend ungeklärt. Die Fra-

gestellung hat eine gewisse Ähnlichkeit mit der Thematik der Benutzermodellierung, die Gegenstand der KI-Forschung ist. Auch unser Forschungsprojekt SETHA (Seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag) befaßt sich mit einigen der damit zusammenhängenden Probleme [setha97].

4.5 Übertragung von Notrufsignalen

Die Auslösung eines Notrufes – sei es aktiv (Beispiel: Funkfinger) durch den Nutzer oder passiv (automatische Übermittlung der Vitalparameter) – kann aus Gründen der Mobilität grundsätzlich nur drahtlos erfolgen. Üblicherweise verläuft diese drahtlose Übertragung nur im Inhaus-Bereich bis hin zu einer Empfangsstation, die den Notruf automatisch über das Festnetz (meist das Fernsprechnetz) weiterleitet. Eine direkte Funkübertragung vom Nutzer bis zu einer Notrufzentrale ist natürlich auch mit Hilfe eines Handys möglich; darauf wird im folgenden noch kurz eingegangen.

Mit der Einführung der Bluetooth-Technologie [RFI01], [fellbm99] stehen neuerdings Funkmodule für kurze Distanzen (10 bis maximal 100 m) als Massenprodukt und damit kostengünstig zur Verfügung, die sich geradezu ideal für Notrufsysteme eignen. Bluetooth-Chips kann man problemlos mit Meßsensoren kombinieren, welche die Vitalparameter messen; die ebenfalls mit Bluetooth-Modulen bestückte Empfangsstation empfängt die Funksignale, wertet sie aus und reagiert entsprechend (z.B. durch automatisches Anwählen der Notrufzentrale).

Die Bluetooth-Technologie läßt sich auch problemlos mit dem Handy kombinieren (eine erste Anwendung von Bluetooth bestand sogar darin, eine drahtlose Verbindung zwischen einer Hör-Sprech-Garnitur und dem Handy herzustellen), so daß vergleichbare Lösungen wie im Falle der Feststation möglich sind. Bild 6 faßt die verschiedenen Kombinationen noch einmal zusammen.

Zu ergänzen ist noch, daß eine Verbindung zwischen Smart-Home und Notrufzentrale nicht nur einen Notruf ermöglicht, der die Gesundheit der Person direkt betrifft, sondern sich sehr einfach auch auf eine Brand-, Gas- oder Einbruchsmeldung erweitern läßt.

5 Zuverlässigkeit der Notrufsysteme

Die Entwicklung eines Personennotrufsystems steht und fällt mit seiner Zuverlässigkeit. Das gilt sowohl bei der manuellen Auslösung mit Funkfinger als auch beim Auslösen eines Notrufs durch entsprechende Vitalparameter.

Die Zuverlässigkeit von manuell auslösbaren Notrufsystemen wird dabei von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Die Person (hier der ältere Mensch) ist durch die Art des Notfalls nicht mehr in der Lage, einen Notruf selbstständig zu senden (z. B. Bewußtlosigkeit);
- die Person hat vergessen, daß ein Notrufsystem zur Verfügung steht, mit dessen Unterstützung Hilfe

Tabelle 1. Notfälle und deren Symptome

Notfall	besonders auffällige körperliche Veränderungen
Schlaganfall (Apoplex)	Lokal begrenzte Durchblutungsstörung im Gehirn (Infarkt) bzw. Kompression von Hirnbereichen (Hirnblutung) lokaler Sauerstoffmangel meist Hemiplegie (Halbseitenlähmung, besonders auffällig: keine Seitengleichheit der Reflexe)
Andere Blutzirkulationsprobleme	O ₂ -Mangel Blutdruckveränderungen Temperaturabfall Gangrän
Herzinfarkt	Lokaler Sauerstoffmangel, EKG-Veränderungen, laboratoriumsdiagnostische Veränderungen (Leberwerte, Transaminasen, Troponin), Schmerz
Schock	Zentralisierung (periphere Temperatur sinkt), Zyanose, flache schnelle Atmung, flacher schneller Puls, Blutdruckabfall (!), oft feuchte Haut (Hautwiderstand sinkt)
Bewußtlosigkeit, Problem:	Sinkender Muskeltonus, oft flacher Puls, flache Atmung,
nächtliche Bewußtlosigkeit	u. U. auch Zentralisation, aber insgesamt sehr schwer abzugrenzen, evtl. plötzliche Lageveränderung (Fall)
Unfall	Plötzliche Lageveränderung, bei Traumata evtl. siehe Schock (z. B. durch Blutverlust), Bewußtlosigkeit

herbeigerufen werden kann (z. B. Paniksituation);

- bei Situationen, in denen kein echter Notfall vorliegt, wird durch Fehleinschätzung ein Notruf ausgelöst;
- das Notrufsystem wird durch die Möglichkeit der Herstellung eines persönlichen Kontakts für Kommunikationszwecke „mißbraucht“.

Mit der Generierung eines Notrufs über Vitalparameter können – wie bereits beschrieben – diese Schwachstellen zum großen Teil beseitigt oder aber zumindest verringert werden. Die automatische Generierung birgt jedoch andere Zuverlässigkeitsprobleme:

- In einer vorhandenen Notsituation wird der Notfall vom System nicht erkannt. Die Ursachen hierfür können sehr unterschiedlich sein (z. B. zu hoch angesetzte Grenzwerte bei den Vitalparametern).
- Es wird ein Notfall vom System erkannt, obwohl keine Notsituation vorliegt (Grenzwertbereich zu niedrig),
- Der generierte Notruf wird nicht bis zur Serviceeinrichtung übertragen (fehlerhaftes System, unterbrochener Übertragungskanal etc.).

Grundsätzlich ist es am besten, möglichst viele Informationen für die Notrufentscheidung bereitzustellen. Darüber hinaus ist es erforderlich, Kontrollmechanismen zur weiteren Erhöhung der Zuverlässigkeit mit einzubeziehen.

Hierzu gibt es folgende Möglichkeiten:

- Ein über Vitalparameter ausgelöster Notruf wird – bevor er an die Servicestelle geleitet wird – zunächst zum Benutzer rückgekoppelt. Damit wird ihm die Möglichkeit gegeben, einen fälschlich ausgelösten Notruf zu unterbinden.

Tabelle 2. Parameter zur Erkennung von Notfällen

Parameter	bedenklich
Puls (qualitativ und quantitativ), EKG	<40, >160 pro min, Extrasystolen, Pausen, evtl. unterschiedliche Stärken, Vorerkrankungen beachten
Atmung	<8, >40 pro min, noch wichtiger: Apnoe
Temperatur	in Kombination mit Hautwiderstand <40 °C (peripher)
Hautwiderstand	
O ₂ -Beladung des kapillären oder arteriellen Blutes	<95 %
Aktivität	Erschütterungen (Fall), längere Immobilität, Lage

- Ein in der Notrufzentrale eintreffender Notruf wird vom Betreuungspersonal bestätigt. Der Notruf-Auslösende muß sicher sein, daß der Notruf auch empfangen wurde. Falls die Bestätigung ausbleibt, muß er/sie – falls möglich – andere Maßnahmen ergreifen (z.B. erneute Notruf-Auslösung, Anruf bei Feuerwehr oder Polizei).
- Zur Erhöhung der Systemzuverlässigkeit auf technischer Seite werden redundante Systemteile integriert (besonders bei kritischen Komponenten).
- Im Betrieb werden durch Einweisung der Nutzer, regelmäßige Kontrollen und präventiven Austausch kritischer Teile (z.B. Batterien) potentielle Schwachstellen ausgeschlossen.
- Bewußte Falschauslösungen werden in angemessener Weise sanktioniert.

Ergänzend ist noch darauf hinzuweisen, daß Prüfung und Validierung eines Notrufsystems den Entwickler vor große Probleme stellen, da derartige Systeme eigentlich nur durch realistische Tests auf hinreichende Zuverlässigkeit optimiert werden können, andererseits lassen sich natürlich Notfälle (z.B. Ohnmacht, Stürze, Schock oder Infarkt) im allgemeinen weder direkt beobachten noch hinreichend realistisch simulieren. Hier müssen „intelligente“ Notrufsysteme – die eine große Menge an Eingabedaten erfordern – am Benutzer lernen, und daher können Erfahrungen nur über eine große Probandenzahl und eine längere Erprobungs- und Systemtrainingszeit gewonnen werden.

6 Schlußbemerkungen

Moderne Personennotrufsysteme werden auch zukünftig eine sehr wichtige Rolle spielen – insbesondere, um älteren Menschen im Notfall eine rasche Hilfe zu gewährleisten. Die seit längerem existierenden Funkfinger-Lösungen haben sich zumeist bewährt; sie können aber durch die Einbeziehung von Vitalparametern und deren automatische Überwachung erheblich an Zuverlässigkeit gewinnen.

Durch den Einsatz neuer funkgestützter Vernetzungstechnologien (vor allem Bluetooth) ist die Mobilität des Benutzers und damit eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz von Notrufsystemen gewährleistet.

Zukünftige Notrufsysteme werden dadurch gekennzeichnet sein, daß sie lernfähig sind, d. h., sie adaptieren sich im Laufe der Zeit immer besser an den Benutzer, indem sie ständig seine Gewohnheiten und seine gesundheitliche Situation erfassen und in die Entscheidungen über das Vorliegen einer Notsituation einbeziehen. Durch solche Systeme erhöht man zweifellos die Entscheidungssicherheit. Andererseits muß man aber auch die ethischen Probleme sehen, die mit einer ständigen Überwachung – und damit einer möglichen Verletzung der Intimsphäre – verbunden sind. Es gilt abzuwägen zwischen der totalen Überwachung mit der Chance, in einem Notfall sofort und wirksam zu helfen, und einem selbstbestimmten Leben. Entscheidungen dieser Art müssen in erster Linie vom Nutzer selbst, aber auch von den Angehörigen, dem Arzt und den Fürsorgestellten getroffen werden.

7 Literatur

- [ITIV00] BMBF Verbundprojekt mit der Universität Karlsruhe, Institut für Technik der Informationsverarbeitung zur Onlineerfassung medizinischer Messwerte über längere Zeitdauern. Jahresangabe 2000.
- [Rüg85] Rügheimer, E., Pasch, T.: Notwendiges und nützliches Messen in Anästhesie und Intensivmedizin. Springer Verlag, 1985.
- [RFI01] Bluetooth Technologie. Whitepaper. rfi mobile technologies AG, 2001.
- [BMBF] Nitsch, H., van Loon, K.: Potential der Kommunikationstechnik für den Schutz von Personen. Eine technische Bestandsaufnahme mit dem Thema Personen-Notruf und -Lokalisierung. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), im Auftrag des BMBF.
- [fellbm99] Fellbaum, K.: Integration of Smart Home Components into existing Residences. Assistive Technology on the Threshold of the New Millennium. C. Bühler and H. Knops (Eds.) IOS Press, 1999 pp. 497-501.
- [hamp99] Hampicke, M.; Fellbaum, K.: Smart Home – ein vernetztes Informations-, Kommunikations- und Steuerungssystem für den Wohnbereich älterer Menschen. Forum der Forschung Nr. 9, Wissenschaftsmagazin der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus 1999.
- [senth97] Forschungsprojekt SENTHA 1997: SENTHA – Eine interdisziplinäre Forschergruppe. Gefördert von der deutschen Forschungsgemeinschaft. Siehe auch <http://www.sentha.tu-berlin.de>

Internetquellen

- [hmradio] <http://www.hmradio.com>
- [scheider] <http://www.schneider-intercom.de>
- [handfree] <http://www.mrhandfree.com>
- [tegroup] <http://www.tegroup-europe.com>
- [VITA00] <http://www.vitaphone.de/>
- [Life2000] <http://www.lifeshirt.com/>
- [Bluetooth] <http://www.bluetooth.com>
- [IRDA] <http://www.irda.org/>
- [IST99] <http://www.istsec.fi/>

1084

Korrespondenzanschrift:
Institut für Medizintechnik, TU Berlin
Dr. Ing. Wolfram Roßdeutscher
Dovestraße 6, Sekr. SG 11
D-10587 Berlin
Telefon (030) 314-2-33 88
Telefax (030) 314-2-10 89
rossdeut@www.medtech.tu-berlin.de